সপ্তম অধ্যায়

রাসায়নিক বিক্রিয়া

পরিবেশে যে সকল উপাদান রয়েছে তা প্রতিনিয়ত পরিবর্তিত হচ্ছে। বিভিন্ন ধরনের পরিবর্তন আছে। কোনোটি ভৌত পরিবর্তন এবং কোনোটি রাসায়নিক পরিবর্তন। সকল পরিবর্তনের কোনো না কোনো প্রভাব রয়েছে। বিশেষ করে রাসায়নিক পরিবর্তনের উপকারী ও ক্ষতিকর উভয় দিক রয়েছে। তাই রাসায়নিক পরিবর্তনের প্রভাব সম্পর্কে আমাদের সম্যক জ্ঞান থাকা অত্যাবশ্যকীয়। এই অধ্যায় পাঠ করে বিভিন্ন ধরনের পরিবর্তন এবং তার প্রভাব সম্পর্কে জানতে পারবে।



বিভিন্ন রাসায়নিক পরিবর্তন

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা

১. ভৌত পরিবর্তন ও রাসায়নিক বিক্রিয়ার পার্থক্য করতে পারব।
২. পদার্থের পরিবর্তনকে বিশ্লেষণ করে রাসায়নিক বিক্রিয়া শনাক্ত করতে পারব।
৩. রাসায়নিক বিক্রিয়ার শ্রেণিবিভাগ রেডক্স/ননরেডক্স, একমুখী/উভমুখী, তাপ উৎপাদী/তাপহারী করতে পারব এবং বিক্রিয়ার প্রকার শনাক্ত করতে পারব।
৪. রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণকে লুশা তেলিয়ারের নীতির আলোকে ব্যাখ্যা করতে পারব।
৫. পরিবর্তন বিশ্লেষণ করে জারণবিজারণ বি ক্রিয়ার প্রকার শনাক্ত করতে পারব।
৬. বাস্তবে বিভিন্ন ক্ষেত্রে সংঘটিত বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারব।
৭. বাস্তব ক্ষেত্রে সংঘটিত ক্ষতিকর বিক্রিয়াসমূহ নিয়ন্ত্রণ বা রোধের উপায় নির্ধারণ করতে পারব (লোহার তৈরি জিনিসের মরিচাপড়া রোধের যথাযথ উপায় নির্ধারণ করতে পারব)।
৮. রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার ব্যাখ্যা ও সংশ্লিষ্ট হারের তুলনা করতে পারব।
৯. বিভিন্ন পদার্থ ব্যবহার করে বিক্রিয়ার গতিবেগ বা হার পরীক্ষা ও তুলনা করতে পারব।
১০. দৈনন্দিন কাজে ধাতব বস্তু ব্যবহারে সচেতনতা প্রদর্শন করব।
১১. অম্ল ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া এবং অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া প্রদর্শন করতে পারব।
১২. পরীক্ষার সাহায্যে বিক্রিয়ার হারের ভিন্নতা প্রদর্শন করতে পারব।

৭.১ পদার্থের পরিবর্তন

পরিবেশে বিদ্যমান পদার্থগুলো বাহ্যিক তাপ, চাপ ও অন্য পদার্থের সংস্পর্শে পরিবর্তিত হয়। একটি রাসায়নিক পদার্থ এক বা একাধিক মৌলের সমন্বয়ে গঠিত। বিশুদ্ধ পদার্থে মৌলসমূহের একটি নির্দিষ্ট শতকরা সংযুতি থাকে। কখনো কখনো পরিবর্তনের সময় মৌলসমূহের শতকরা সংযুতি অপরিবর্তিত রেখে শুধু পদার্থের ভৌত অবস্থার পরিবর্তন হয়। যেমন, বরফকে বায়ুতে মুক্ত অবস্থায় রেখে দিলে পরিবেশ থেকে তাপ শোষণ করে তরল পানিতে পরিণত হয় এবং তরল পানিকে ১০০^oC তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে জলীয়বাষ্প উৎপন্ন হয়। বরফ, তরল পানি এবং জলীয়বাষ্পের রাসায়নিক সংকেত H_2O। প্রত্যেকটি উপাদানে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের শতকরা সংযুতি অভিন্ন। পদার্থের এই পরিবর্তনকে ভৌত পরিবর্তন বলে।

$$H_2O_{(s)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

একইভাবে মোম ও গালাকে তাপ দিলে এটি গলে তরল অবস্থায় পরিণত হয় এবং তাপ সরিয়ে নিলে দ্রুত কঠিন পদার্থে রূপান্তরিত হয়। কখনো কখনো একটি পদার্থ বাহ্যিক তাপ, চাপ ও অন্য পদার্থের সংস্পর্শে পরিবর্তনের সময় পদার্থে বিদ্যমান মৌলসমূহের শতকরা সংযুতির পরিবর্তনের মাধ্যমে নতুন পদার্থ উৎপন্ন হয়। নতুন পদার্থটি পূর্ব পদার্থের মৌল দ্বারা অথবা কোনো মৌলের বিযোজনের মাধ্যমে অথবা কোনো মৌল সংযোজনের মাধ্যমে গঠিত হতে পারে। পরিবর্তিত পদার্থের ভৌত অবস্থা পূর্ব–পদার্থ থেকে ভিন্ন বা পূব–পদার্থের অনুরূপ হতে পারে। নতুন যৌগে উপাদান মৌল ভিন্ন হওয়ায় মৌলসমূহের শতকরা সংযুতির পরিবর্তন হয়। যেমন, মোমের প্রধান উপাদান বিভিন্ন হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ। মোম জ্বালালে তার কিছু অংশ শুধু ভৌত পরিবর্তনের মাধ্যমে গলে কঠিন অবস্থা থেকে তরল অবস্থায় রূপান্তরিত হয় এবং ঠান্ডা হয়ে পুনরায় কঠিন অবস্থায় পরিণত হয়। একইসাথে মোমের কিছু অংশ অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে কার্বন–ডাই–অক্সাইড ও জলীয়বাষ্প উৎপন্ন করে। অর্থাৎ মোম জ্বালানোর সময় ভৌত পরিবর্তন এবং রাসায়নিক বিক্রিয়া উভয় পরিবর্তন সংঘটিত হয়। মোমকে জ্বালালে হাইড্রোকার্বনের কার্বন ও হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সাথে যুক্ত হয়ে কার্বন–ডাই–অক্সাইড ও জলীয়বাষ্প উৎপন্ন করে। মোম জ্বালালে যেহেতু নতুন পদার্থের সৃষ্টি হয় তাই এই পরিবর্তন একটি রাসায়নিক পরিবর্তন বা রাসায়নিক বিক্রিয়া। রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের পরমাণুসমূহের মধ্যবর্তী বন্ধন ভেঙে নতুন বন্ধন গঠিত হয়। পরমাণুসমূহের মধ্যবর্তী বন্ধন ভাঙা ও নতুন বন্ধন গঠিত হওয়ায় তাপশক্তির পরিবর্তন হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ:

$$C_xH_y + \left(\frac{x+y}{2}\right)O_2 \xrightarrow{\Delta} xCO_2 + yH_2O + \text{শক্তি}$$

প্রাকৃতিক গ্যাস বা মিথেনকে জ্বালালে অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে কার্বন–ডাই–অক্সাইড ও জলীয়বাষ্প উৎপন্ন করে। এখানে শুধু রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত হয়।

$$CH_{4(g)} + 2\,O_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} CO_{2(g)} + 2\,H_2O_{(g)}$$

চুনাপাথর (ক্যালসিয়াম কার্বনেট; $CaCO_3$) এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) কার্বন–ডাই–অক্সাইড ও পানি উৎপন্ন করে।

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

> **কাজ :** উপরের প্রক্রিয়াগুলোতে বিভিন্ন পদার্থে মৌলসমূহের শতকরা সংযুতির আলোকে পরিবর্তন সম্পর্কে মতামত দাও।

ভৌত পরিবর্তনে পরিবর্তিত পদার্থকে সহজে পূর্বের অবস্থায় ফিরিয়ে নেওয়া যায় কিন্তু রাসায়নিক পরিবর্তনে পরিবর্তিত পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে পূর্বের অবস্থায় ফিরিয়ে নেওয়া যায় না।

৭.২ রাসায়নিক পরিবর্তন বা রাসায়নিক বিক্রিয়ার শ্রেণিবিভাগ

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে পদার্থ নিয়ে আরম্ভ করা হয় তাকে বিক্রিয়ক এবং যে পদার্থ উৎপন্ন হয় তাকে উৎপাদ বলে। বিক্রিয়ক ও উৎপাদের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম ভিন্ন হয়। এমনকি তাদের ভৌত অবস্থাও ভিন্ন হতে পারে। বিক্রিয়ক পদার্থ থেকে ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হয়ে অথবা বিক্রিয়কের সাথে ইলেকট্রন যুক্ত হয়ে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হওয়ার সময় বিক্রিয়ক পদার্থ উৎপাদে পরিণত হয়, একইসাথে উৎপন্ন পদার্থ বিক্রিয়কে রূপান্তরিত হতে পারে। পদার্থে বিদ্যমান পরমাণুসমূহের মধ্যবর্তী বন্ধন ভাঙা এবং নতুন বন্ধন গঠনের মাধ্যমে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়। রাসায়নিক বন্ধন মূলত একপ্রকার শক্তি। বন্ধন ভাঙা এবং নতুন বন্ধন গঠনে শক্তির পরিবর্তন হয়, যা তাপ হিসেবে অনুভূত হয়। তাই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপের পরিবর্তন হয়। কোনো বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন হয় এবং কোনো বিক্রিয়ায় তাপ শোষিত হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়াকে নিম্নলিখিত বিষয়ের উপর ভিত্তি করে শ্রেণিবিভাগ করা যায়।

১. বিক্রিয়ার দিক (Detion ofRation)

২. বিক্রিয়ায় তাপের পরিবর্তন (Heat Change ofRation)

৩. ইলেকট্রন স্থানান্তর (Etron Tanition)

১. বিক্রিয়ার দিক (Direction of Reaction): বিক্রিয়ার দিকের উপর ভিত্তি করে রাসায়নিক বিক্রিয়াকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়–

ক. একমুখী বিক্রিয়া (Ireersible Ration): একমুখী বিক্রিয়ায় শুধুমাত্র বিক্রিয়ক পদার্থ বা পদার্থসমূহ উৎপন্ন পদার্থে পরিণত হয়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন একাধিক উৎপাদের মধ্যে যে কোনো একটি উৎপাদকে বিক্রিয়া মাধ্যম থেকে অপসারণ করা হলে উৎপন্ন পদার্থসমূহ বিক্রিয়া করে বিক্রিয়কে পরিণত হতে পারে না। একমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মধ্যে একমুখী তীর চিহ্ন ($\rightarrow$) ব্যবহার করে বিক্রিয়ার সমীকরণ উপস্থাপন করা হয়।

চুনাপাথর (ক্যালসিয়াম কার্বনেট; $CaCO_3$) কে উচ্চতাপে উত্তপ্ত করলে চুনাপাথর বিয়োজিত হয়ে চুন (ক্যালসিয়াম অক্সাইড; CaO) ও কার্বন–ডাই–অক্সাইড উৎপন্ন করে। খোলা পাত্রে সংঘটিত এই বিক্রিয়া একমুখী হয়।

$$CaCO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} CaO_{(s)} + CO_{2(g)}\uparrow \text{ (খোলা পাত্রে)}$$

বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ কঠিন ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও গ্যাসীয় কার্বন–ডাই–অক্সাইড। খোলা পাত্রে এই বিক্রিয়া সম্পন্ন করা হলে গ্যাসীয় উৎপাদ কার্বন–ডাই–অক্সাইড বিক্রিয়াপাত্র থেকে অপসারিত হয়। ফলে ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO) ও কার্বন–ডাই–অক্সাইড বিক্রিয়া করে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) উৎপন্ন করতে পারে না; অর্থাৎ বিপরীত বিক্রিয়া সম্পন্ন করে না।

খ. উভমুখী বিক্রিয়া (Reversible Reaction): উভমুখী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থসমূহ বিক্রিয়া করে উৎপাদে পরিণত হয়, একইসাথে উৎপন্ন পদার্থসমূহ বিক্রিয়া করে পুনরায় বিক্রিয়কে পরিণত হয়। উভমূখী বিক্রিয়ায় একইসাথে দুটি বিক্রিয়া চলমান থাকে। একটি বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কসমূহ বিক্রিয়া করে উৎপাদে পরিণত হয়। একে সম্মুখমুখী বিক্রিয়া বলে। অপরটি বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থসমূহ বিক্রিয়া করে বিক্রিয়কে পরিণত হয়। একে বিপরীতমুখী বিক্রিয়া বলে। বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে মূল বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ বিক্রিয়ক হিসেবে ক্রিয়া করে। উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিক্রিয়ক ও উৎপাদের মধ্যে উভমুখী তীর চিহ্ন ($\rightleftharpoons$) ব্যবহার করে বিক্রিয়ার সমীকরণ উপস্থাপন করা হয়।

অজৈব এসিডের (H^+) উপস্থিতিতে ইথানল ও জৈব এসিড বিক্রিয়া করে এস্টার উৎপন্ন করে। এটি একটি উভমুখী বিক্রিয়া। এই বিক্রয়ার উৎপন্ন এস্টার ভেঙে ইথানল ও জৈব এসিডে পরিণত হয়।

$$CH_3CH_2OH + CH_3COOH \overset{H^+}{\rightleftharpoons} CH_3CH\text{-}O\text{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}\text{-}CH_3$$

আবার, চুনাপাথরের তাপীয় বিযোজন বিক্রিয়াটি বন্ধ পাত্রে সংঘটিত হলে বিক্রিয়াটি উভমুখী হয়।

$$CaCO_{3(s)} \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \text{ (বন্ধ পাত্রে)}$$

বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ কঠিন ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও গ্যাসীয় কার্বন–ডাই–অক্সাইড। বন্ধ পাত্রে এই বিক্রিয়া সম্পন্ন করা হলে ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO) ও কার্বন–ডাই–অক্সাইড বিক্রিয়া করে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) উৎপন্ন করে বিপরীত বিক্রিয়া সম্পন্ন করে। প্রকৃতপক্ষে প্রায় সকল বিক্রিয়াই উপযুক্ত শর্তে উভমুখী হয়। তবে কিছু বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার তুলনায় বিপরীত বিক্রিয়ার পরিমাণ এতই কম থাকে যেন বিক্রিয়াকে একমুখী মনে হয়।

২. বিক্রিয়ায় তাপের পরিবর্তন (Heat Change of Reaction): তাপের পরিবর্তনের উপর ভিত্তি করে রাসায়নিক বিক্রিয়াকে দুই ভাগে ভাগ করা হয়। যথা–

ক. তাপউৎপাদী বিক্রিয়া (Exothermic Reaction): বিক্রিয়ক থেকে উৎপাদ উৎপন্ন হওয়ার সময় তাপশক্তি উৎপন্ন হলে তাকে তাপউৎপাদী বিক্রিয়া বলে। তাপউৎপাদী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়া সম্পন্ন হওয়ার সাথে বিক্রিয়া পাত্র ও বিক্রিয়া–দ্রবণ গরম হতে থাকে। এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপকে উৎপাদের সাথে যোগ দিয়ে অথবা ΔH হিসেবে প্রকাশ করা হয়। তাপউৎপাদী বিক্রিয়ায় ΔH –এর মান ঋণাত্মক হয়। যেমন, তাপ, চাপ ও প্রভাবকের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন বিক্রিয়া করে দুই মোল অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হওয়ার সময় 92 কিলোজুল তাপ উৎপন্ন হয়।

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{\substack{200\text{-}250\ atm \\ 450\text{-}550\ ^oC}}{\overset{Fe}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)} + 92KJ$$

অথবা,

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{\substack{200\text{-}250\ atm \\ 450\text{-}550\ ^oC}}{\overset{Fe}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}\ ;\ \Delta H = -92\ KJ$$

খ. তাপহারী বিক্রিয়া (Endothermic Reaction): বিক্রিয়ক থেকে উৎপাদ উৎপন্ন হওয়ার সময় তাপশক্তি শোষিত হলে তাকে তাপহারী বিক্রিয়া বলে। তাপহারী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়া সম্পন্ন হওয়ার সাথে বিক্রিয়াপাত্র ও বিক্রিয়া–দ্রবণ শীতল বা ঠান্ডা হতে থাকে। এই বিক্রিয়ায় শোষিত তাপকে উৎপাদের সাথে বিয়োগ দিয়ে বা বিক্রিয়কের সাথে যোগ দিয়ে অথবা ΔH হিসেবে প্রকাশ করা হয়। তাপহারী বিক্রিয়ায় ΔH এর মান ধনাত্মক হয়। যেমন, তাপ, চাপ ও প্রভাবকের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন বিক্রিয়া করে দুই মোল নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হওয়ার সময় 180 কিলোজুল তাপ শোষিত হয়।

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} - 180\ KJ$$

অথবা,

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180\ KJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$$

অথবা,

$$N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} \quad ; \Delta H = 180\ KJ$$

{তাপউৎপাদী এবং তাপহারী বিক্রিয়া সম্পর্কে তোমরা পরবর্তী অধ্যায়ে (অষ্টম অধ্যায়; রসায়ন ও শক্তি) বিস্তারিত জানতে পারবে}।

৩. ইলেকট্রন স্থানান্তর (Electron Transition): ইলেকট্রন স্থানান্তরের উপর ভিত্তি করে রাসায়নিক বিক্রিয়াকে প্রধানত দুই ভাগে ভাগ করা হয়। যথা–

ক. রেডক্স (Redox) বিক্রিয়া: রেডক্স (Redox) শব্দটি বিজারণ; Reduction –এর Red এবং জারণ; Oxidation –এর Ox নিয়ে গঠিত। অর্থাৎ রেডক্স (Redox) অর্থ জারণ–বিজারণ। জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে সংঘটিত হয়। একটি বিক্রিয়ক থেকে জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া সম্পন্ন হলে বিক্রিয়কের একাধিক মৌলের মধ্যে ইলেকট্রন আদান–প্রদান হয়। দুটি বিক্রিয়কের মধ্যে জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া সম্পন্ন হলে বিক্রিয়ক দুইটির মধ্যে ইলেকট্রন আদান–প্রদান হয়। এতে বিক্রিয়কের জারণ সংখ্যার পরিবর্তন হয়।

জারণ সংখ্যা (Oxidation Number): যৌগ গঠনের সময় কোনো মৌল যত সংখ্যক ইলেকট্রন বর্জন করে ধনাত্মক আয়ন উৎপন্ন করে অথবা যত সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ করে ঋণাত্মক আয়ন উৎপন্ন করে তাকে মৌলের জারণ সংখ্যা বলে। নিরপেক্ষ বা মুক্ত মৌলের জারণ সংখ্যা শূন্য (0) ধরা হয়। ইলেকট্রন গ্রহণ করে ঋণাত্মক আয়নে পরিণত হলে মৌলের জারণ সংখ্যাকে ঋণাত্মক জারণ সংখ্যা এবং ইলেকট্রন বর্জন করে ধনাত্মক আয়নে পরিণত হলে মৌলের জারণ সংখ্যাকে ধনাত্মক জারণ সংখ্যা বলে। ধাতুসমূহের জারণ সংখ্যা সাধারণত ধনাত্মক, অধাতুসমূহের জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক এবং যৌগমূলকের জারণ সংখ্যা তাদের আধান অনুসারে হয়। বিভিন্ন যৌগে একই মৌলের জারণ সংখ্যা বিভিন্ন হতে পারে। যেমন, HCl অণুতে H -এর জারণ সংখ্যা +1 এবং H_2 অণুতে H -এর জারণ সংখ্যা শূন্য (0)। $FeSO_4$ অণুতে Fe -এর জারণ সংখ্যা +2 এবং মুক্ত Fe -এ Fe এর জারণ সংখ্যা 0। একইভাবে HCl অণুতে Cl এর জারণ সংখ্যা –1 এবং Cl_2 অণুতে Cl -এর জারণ সংখ্যা 0।

দলগত কাজ: জারণ সংখ্যা ও যোজনীর মধ্যে তুলনা কর।

জারণ সংখ্যা নির্ণয় (Determination of oxidation number): মৌলের জারণ সংখ্যা মূলত তার ইলেকট্রন বিন্যাসের সাথে সম্পর্কিত। একটি যৌগে কোনো মৌলের জারণ সংখ্যা যৌগে বিদ্যমান অন্যান্য মৌলের জারণ সংখ্যার উপর নির্ভরশীল। যৌগে কোনো একটি মৌলের জারণ সংখ্যা নির্ণয় করার জন্য যৌগে বিদ্যমান অন্যান্য মৌলের প্রমাণ জারণ সংখ্যা (Standard oxidation number) ব্যবহার করা হয়। নিম্নের টেবিলে কিছু মৌলের, আয়নের এবং যৌগের প্রমাণ জারণ সংখ্যা দেওয়া হল:

জারণ সংখ্যার নিয়ম	যৌগের সংকেত	মৌল ও জারণ সংখ্যা
ধাতুসমূহের জারণ সংখ্যা ধনাত্মক এবং অধাতুসমূহের জারণ সংখ্যা ঋণাত্মক হয়।	NaCl	Na = +1 Cl = -1
নিরপেক্ষ পরমাণু বা মুক্ত মৌলের জারণ সংখ্যা শূন্য হয়।	Fe, H_2	Fe = 0 H = 0
নিরপেক্ষ যৌগে পরমাণুসমূহের মোট জারণ সংখ্যা শূন্য হয়।	Fe, H_2	H_2O H = +1, O = -2 মোট = 0
আধানবিশিষ্ট আয়নে পরমাণুসমূহের মোট জারণ সংখ্যা আধান সংখ্যার সমান হয়।	SO_4^{2-} NH_4^+	SO_4^{2-} = -2 NH_4^+ = +1
ক্ষার ধাতুসমূহের জারণ সংখ্যা +1 হয়।	KCl, K_2CO_3	K = +1
মৃৎক্ষার ধাতুসমূহের জারণ সংখ্যা +2 হয়।	CaO, $MgSO_4$	Ca = +2 Mg = +2
ধাতব হ্যালাইডে হ্যালোজেনের জারণ সংখ্যা −1 হয়।	$MgCl_2$, LiCl	Cl = -1
অধিকাংশ যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা +1 কিন্তু ধাতব হাইড্রাইডে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা −1।	NH_3 $LiAlH_4$	H = +1 H = -1
অধিকাংশ যৌগে (অক্সাইডে) অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা −2 কিন্তু পারঅক্সাইডে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা −1 এবং সুপারঅক্সাইডে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা $-\frac{1}{2}$	K_2O, CaO K_2O_2, H_2O_2 NaO_2, KO_2	O = -2 O = -1 O = $-\frac{1}{2}$

ছক ৭.১: বিভিন্ন যৌগে পরমাণুর জারণ সংখ্যা

$KMnO_4$ এ Mn −এর জারণ সংখ্যা নির্ণয়:

Mn −এর জারণ সংখ্যা = x (ধরে), K −এর জারণ সংখ্যা = +1 এবং O −এর জারণ সংখ্যা = −2।

যেহেতু $KMnO_4$ নিরপেক্ষ অণু, অতএব পরমাণুসমূহের মোট জারণ সংখ্যা শূন্য হয়।

সুতরাং $(+1) + x + (-2) \times 4 = 0$

$+1 + x - 8 = 0$

$x - 7 = 0$

$x = 7$, অর্থাৎ $KMnO_4$ এ Mn −এর জারণ সংখ্যা = +7

কাজ : যৌগ বা আয়নসমূহের নিম্ন দাগাঙ্কিত মৌলের জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর:

$\underline{Mn}O_2$, $K_2\underline{Cr}_2O_7$, $\underline{N}O_3^-$, $H_2\underline{S}O_4$, $\underline{Mn}O_4^-$, $\underline{Cu}SO_4$, $Na\underline{O}H$

জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সময় সাধারণত একটি বিক্রিয়ক ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং অপর বিক্রিয়ক ইলেকট্রন বর্জন করে। যে বিক্রিয়ক ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাকে **জারক** (Oxidnt) এবং যে বিক্রিয়ক ইলেকট্রন বর্জন করে তাকে **বিজারক** (Redctant) বলে। ধাতব জিংক (দস্তা) কপার সালফেটের সাথে বিক্রিয়া করে জিংক সালফেট ও কপার ধাতু উৎপন্ন হয়। এটি একটি জারণ–বিজারণ বিক্রয়া। জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার দুটি অংশ– জারণ ও বিজারণ।

$$Zn + CuSO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$$

বিক্রিয়ার আয়নিক রূপ :

$$Zn + Cu^{2+} \longrightarrow Zn^{2+} + Cu$$

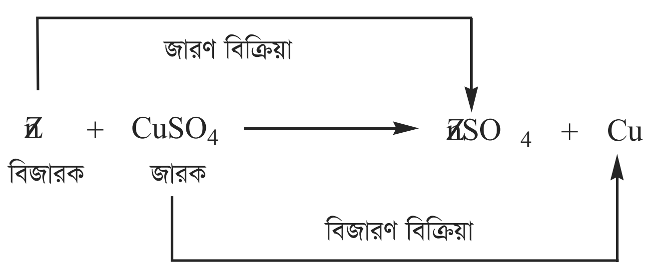
১. জারণ (Oxidation): জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সময় বিক্রিয়ক থেকে ইলেকট্রন বর্জন বা অপসারণ প্রক্রিয়াকে **জারণ** বলে। উপরের বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কে Zn –এর জারণ সংখ্যা শূন্য (0) এবং উৎপাদ $ZnSO_4$ এ Zn –এর জারণ সংখ্যা +2। অর্থাৎ বিক্রিয়ায় Zn দুটি ইলেকট্রন অপসারণ করে জারিত হয় এবং $ZnSO_4$ –এ পরিণত হয়। বিক্রিয়ার জারণ অংশকে নিম্নের সমীকরণের সাহায্যে উপস্থাপন করা হয়।

$$Zn - 2e^- \longrightarrow Zn^{2+}$$

২. বিজারণ (Reduction): জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার সময় বিক্রিয়ক কর্তৃক ইলেকট্রন গ্রহণ প্রক্রিয়াকে বিজারণ বলে। উপরের বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক $CuSO_4$ এ Cu –এর জারণ সংখ্যা +2 এবং উৎপাদে Cu –এর জারণ সংখ্যা শূন্য (0)। অর্থাৎ বিক্রিয়ায় $CuSO_4$ দুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয় এবং Cu –এ পরিণত হয়। বিক্রিয়ার বিজারণ অংশকে নিম্নের সমীকরণের সাহায্যে উপস্থাপন করা হয়।

$$Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$$

বিক্রিয়ায় $CuSO_4$ দুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয় এবং Zn কে জারিত করে; অর্থাৎ $CuSO_4$ এই বিক্রিয়ায় জারক পদার্থ। অন্যভাবে Zn দুটি ইলেকট্রন প্রদান করে জারিত হয় এবং $CuSO_4$ কে বিজারিত করে; অর্থাৎ Zn এই বিক্রিয়ায় বিজারক পদার্থ। জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় জারক পদার্থ যখন বিজারক থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়, একইসাথে বিজারক পদার্থ জারককে ইলেকট্রন প্রদান করে জারিত হয়। অর্থাৎ জারণ ও বিজারণ একইসাথে ঘটে।



উপরের বর্ণনায় জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া বলা হলেও যেহেতু জারণ বা বিজারণ একটি পূর্ণাঙ্গ বিক্রিয়ার অধিকাংশ। তাই জারণ বিক্রিয়াকে জারণ অর্ধ এবং বিজারণ বিক্রিয়াকে বিজারণ অর্ধ বিক্রিয়া বলা শ্রেয়।

ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে সংঘটিত সকল বিক্রিয়াই জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার অন্তর্ভুক্ত। ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে সংঘটিত বিক্রিয়াসমূহ:

১. সংযোজন বিক্রিয়া (Addition Reaction)
২. বিযোজন বিক্রিয়া (Decomposition Reaction)
৩. প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution Reaction)
৪. দহন বিক্রিয়া (Combustion Reaction)

১. সংযোজন বিক্রিয়া (Addition Reaction): দুই বা ততোধিক যৌগ বা মৌল যুক্ত হয়ে নতুন যৌগ উৎপন্ন হওয়ার প্রক্রিয়ার নাম সংযোজন বিক্রিয়া। আয়রন (n) ক্লোরাইড ক্লোরিনের সাথে বিক্রিয়া করে আয়রন (h) ক্লোরাইড উৎপন্ন করে (সনাতন পদ্ধতিতে কোনো যৌগের সাথে ক্লোরিনের বা ঋণাত্মক অংশের সংযোগকে জারণ বলা হয়)।

$$2FeCl_{2(aq)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2FeCl_{3(aq)}$$

হাইড্রোজেন গ্যাস ক্লোরিন গ্যাসের সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেনক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$$

সংযোজন বিক্রিয়ায় দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থ যুক্ত হয়ে নতুন যৌগ উৎপন্ন হলে, একে সংশ্লেষণ (Synthesis) বিক্রিয়া বলে।

২. বিযোজন বিক্রিয়া (Decomposition Reaction): কোনো যৌগকে ভেয়ে একাধিক যৌগ বা মৌলে পরিণত করার প্রক্রিয়ার নাম বিযোজন বিক্রিয়া। ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডকে তাপে উত্তপ্ত করলে ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড ও ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। এটি একটি উভমুখী বিক্রিয়া (সনাতন পদ্ধতিতে কোনো যৌগ থেকে ক্লোরিন বা ঋণাত্মক অংশের অপসারণকে বিজারণ বলা হয়)।

$$PCl_{5(l)} \xrightarrow{\Delta} PCl_{3(l)} + Cl_{2(g)}$$

পানিতে তড়িৎ চালনা করলে পানি বিযোজিত হয়ে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2H_2O_{(l)} \xrightarrow{\text{তড়িৎ বিশ্লেণ}} 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

৩. প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া (Substitution or Displacement Reaction): কোনো যৌগের একটি মৌল বা যৌগমূলককে অপর কোনো মৌল বা যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপন করে নতুন যৌগ উৎপন্ন করার প্রক্রিয়ার নাম প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া। সাধারণত অধিক সক্রিয় মৌল বা মূলক দ্বারা কম সক্রিয় মৌল বা মূলক প্রতিস্থাপিত হয়। জিংক সালফিউরিক এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে জিংক সালফেট ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। বিক্রিয়ায় অধিক্লসি ক্রয় জিংক ধাতু কম্লসি ক্রয় হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপন করে (সক্রিয়তার তুলনার জন্য খনিজসম্পদ (ধাতুঅধাতু) অধ ্যায় দেখ, সনাতন পদ্ধতিতে কোনো যৌগ থেকে হাইড্রোজেন বা ধনাত্মক অংশের অপসারণকে জারণ বলা হয়)।

$$Zn_{(s)} + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow ZnSO_{4(aq)} + H_{2(g)}$$

সোডিয়াম ধাতু কপার সালফেটের সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম সালফেট ও ধাতব কপার উৎপন্ন করে। বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ধাতু কপার সালফেট থেকে কপার ধাতুকে প্রতিস্থাপন করে।

$$2Na_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

৪. দহন বিক্রিয়া (Combustion Reaction): কোনো মৌলকে বা যৌগকে বায়ুর অক্সিজেনের উপস্থিতিতে পুড়িয়ে তার উপাদান মৌলের অক্সাইডে পরিণত করার প্রক্রিয়াকে দহন বিক্রিয়া বলে। দহন বিক্রিয়ায় সাধারণত তাপ উৎপন্ন হয়। মিথেন গ্যাস বা প্রাকৃতিক গ্যাসকে পুড়িয়ে বা দহন করে যে তাপ পাওয়া যায় তা রান্নাসহ অন্যান্য কাজে ব্যবহার করা হয় (সনাতন পদ্ধতিতে কোনো যৌগের সাথে অক্সিজেন বা ঋণাত্মক অংশের সংযোগকে জারণ বলা হয়)।

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

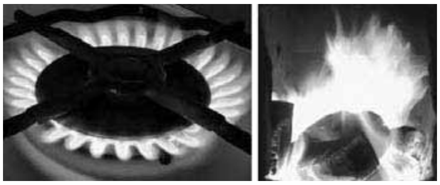
একইভাবে কার্বন, সালফার, হাইড্রোজেন ও ম্যাগনেসিয়ামকে দহন করলে তাদের অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$$

$$2S_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{3(g)}$$

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$$

$$2Mg_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2MgO_{(s)}$$



চিত্র ৭.১ : জ্বালানির দহন

কাজ : ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে উপরের বিক্রিয়াগুলোর জারণ–বিজারণ ব্যাখ্যা কর।

খ. নন–রেডক্স (Non-Redox) বিক্রিয়া: এক বা একাধিক বিক্রিয়ক থেকে নতুন যৌগ উৎপন্ন হওয়ার সময় বিক্রিয়কে বিদ্যমান মৌলসমূহের মধ্যে ইলেকট্রন আদান–প্রদান না হলে বিক্রিয়াকে নন–রেডক্স বিক্রয়া বলে। এই বিক্রিয়ায় কোনো বিক্রিয়ক পরমাণুর জারণ সংখ্যার হ্রাস–বৃদ্ধি ঘটে না। ইলেকট্রন আদান–প্রদান বা স্থানান্তরবিহীন সংঘটিত বিক্রিয়াসমূহ:

১. প্রশমন বিক্রিয়া (Nutralisation Reaction)

২. অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া (Precipitation Reaction)

১. প্রশমন বিক্রিয়া (Nutralisation Reaction): এই বিক্রিয়াকে এসিড–ক্ষার বিক্রিয়া বলা হয়। এসিডের জলীয় দ্রবণের কয়েকটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য থাকে। যেমন, এই দ্রবণে ভেজা লাল লিটমাস কাগজ প্রবেশ করালে নীলবর্ণে পরিণত হয়। দ্রবণের pH 7 –এর কম থাকে। অনুরূপভাবে ক্ষারের জলীয় দ্রবণের কয়েকটি বিশেষ বৈশিষ্ট্য থাকে। যেমন, এই দ্রবণে ভেজা নীল লিটমাস কাগজ প্রবেশ করালে লালবর্ণে পরিণত হয়। দ্রবণের pH 7 –এর বেশি থাকে। এসিড ও ক্ষারের জলীয় দ্রবণকে একত্রে মিশ্রিত করলে লবণ ও পানি উৎপন্ন হয়।

এসিড + ক্ষার ⟶ লবণ + পানি

জলীয় দ্রবণে এসিড ও ক্ষার বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি উৎপন্ন হওয়ার সময় দ্রবণের pH 7 –এর নিকটবর্তী হয়। প্রশমন বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হলে pH –এর মান 7 হয়। বিক্রিয়ার সময় এসিড দ্রবণ তার এসিড ধর্ম এবং ক্ষারীয় দ্রবণ তার ক্ষারধর্ম হারিয়ে প্রশমিত হতে থাকে। জলীয় দ্রবণে এসিড ও ক্ষার বিক্রিয়া করে লবণ ও পানি উৎপন্ন করার বিক্রিয়াকে প্রশমন বিক্রিয়া বলে। সকল প্রশমন বিক্রিয়া তাপ–উৎপাদী হয়। হাইড্রোক্লোরিক এসিড (HCl) ও সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড (NaOH) জলীয় দ্রবণে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) ও পানি উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া–পাত্রে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে।

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

প্রকৃতপক্ষে বিক্রিয়ায় এসিডের হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) ও ক্ষারের হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-) যুক্ত হয়ে পানি উৎপন্ন করে। সোডিয়াম ক্লোরাইড জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) ও ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) হিসেবে থাকে। জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) ও ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না। এদেরকে দর্শক (Spectator) আয়ন বলে। এ বিক্রিয়ায় কোনো ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে না।

$$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

অথবা,

$$H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

অথবা,

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$$

২. অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া (Precipitation Reaction): একটি নির্দিষ্ট দ্রাবকে দ্রবণীয় দুটি যৌগকে মিশ্রিত করার পর ঐ দ্রাবকে অদ্রবণীয় বা স্বল্প দ্রবণীয় নতুন যৌগ উৎপন্ন হলে যৌগটি বিক্রিয়াপাত্রের তলদেশে কঠিন পদার্থ হিসেবে জমা হয়। উৎপন্ন নতুন যৌগ দ্রাবকে দ্রবীভূত না হয়ে কঠিন পদার্থ হিসেবে জমা হলে তাকে অধঃক্ষেপ বলে। যে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগ অধঃক্ষেপ হিসেবে পাত্রের তলদেশে জমা হয় তাকে অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া বলে। অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়ক দুটি সাধারণত আয়নিক যৌগ হয়। একটি বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগ অধঃক্ষেপ হিসেবে জমা হবে কি না তাহা বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত দ্রাবকের উপর নির্ভর করে। কোনো বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগ পানি দ্রাবকে অধঃক্ষিপ্ত হলেও অন্য কোনো দ্রাবকে অধঃক্ষিপ্ত না–ও হতে পারে। অধিকাংশ রাসায়নিক বিক্রিয়া পানি দ্রাবকে সম্পন্ন করা হয়। তাই উৎপন্ন যৌগের মধ্যে যে কোনো একটি যৌগ পানিতে অদ্রবণীয় হলে বিক্রিয়াটিকে অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া বলে। এ অধ্যায়ে শুধু পানি দ্রাবকে সম্পন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়া আলোচনা করা হবে। রাসায়নিক সমীকরণে অধঃক্ষেপ হিসেবে জমা হওয়া উৎপাদের সামনে প্রথম বন্ধনীর মধ্যে s লেখা হয়। অনেক সময় অধঃক্ষেপকে প্রকাশ করার জন্য রাসায়নিক সমীকরণে উৎপাদের সামনে $\downarrow$ চিহ্ন ব্যবহার করা হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড ও সিলভার নাইট্রেট জলীয় দ্রবণে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণ ও সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl_{(s)}$$

অথবা,

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + AgCl\downarrow$$

প্রকৃতপক্ষে বিক্রিয়ায় সিলভার নাইট্রেটের সিলভার আয়ন (Ag^+) ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের, ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) যুক্ত হয়ে সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। সোডিয়াম নাইট্রেট জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) ও নাইট্রেট আয়ন (NO_3^-) হিসেবে থাকে। জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) ও নাইট্রেট আয়ন (NO_3^-) বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না। এদেরকে দর্শক (Spectator) আয়ন বলে। এ বিক্রিয়ায় কোনো ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে না।

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} + AgCl_{(s)}$$

অথবা,

$$Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + Ag^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} + AgCl_{(s)}$$

অথবা,

$$Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} \longrightarrow AgCl_{(s)}$$

অধিকাংশ ক্ষেত্রে অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া মূলত দ্বি–প্রতিস্থাপন (Double displacement) বিক্রিয়া। এই বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ক্লোরাইডের সোডিয়াম আয়ন দ্বারা সিলভার নাইট্রেটের সিলভার আয়নকে প্রতিস্থাপন করে, একইসাথে সিলভার নাইট্রেটের সিলভার আয়ন দ্বারা সোডিয়াম ক্লোরাইডের সোডিয়াম আয়ন প্রতিস্থাপিত হয়।

দ্বি–প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ায় উৎপন্ন উভয় যৌগ পানিতে দ্রবণীয় হলে, অধঃক্ষেপণ না হওয়ায় কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হয় না। সোডিয়াম ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম নাইট্রেট জলীয় দ্রবণে দ্বি–প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া করে উৎপন্ন সোডিয়াম নাইট্রেটের ও পটাসিয়াম ক্লোরাইড উভয়ই জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। ফলে দ্রবণে সকল আয়ন দর্শক–আয়ন হিসেবে থাকে। অর্থাৎ কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন হয় না।

$$NaCl_{(aq)} + KNO_{3(aq)} \longrightarrow NaNO_{3(aq)} + KCl_{(aq)}$$

অথবা,

$$Na^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)} + K^{+}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)} \longrightarrow Na^{+}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)} + Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

পানিতে অদ্রবণীয় কয়েকটি যৌগের আণবিক সংকেত:
$BaSO_4$, $PbSO_4$, AgI, $CaSO_4$, $BaCl_2$, CuS, PbS, PbI_2

অধিকাংশ অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া নন–রেডক্স। তবে কখনো কখনো ইলেকট্রন স্থানান্তরের মাধ্যমে সংঘটিত জারণ–বিজারণ (রেডক্স) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন একাধিক উৎপাদের মধ্যে যে কোনো একটি উৎপাদকে অধঃক্ষেপ হিসেবে পাওয়া যায়। এই প্রকৃতির বিক্রিয়া অধঃক্ষেপণের তুলনায় জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া নামে অধিক পরিচিত। যেমন, ক্ষারীয় সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে টলেন বিকারক (Tollens reagent) বলে। টলেন বিকারক জলীয় দ্রবণে অ্যালডিহাইড শ্রেণির জৈব যৌগের সাথে বিক্রিয়া করে কঠিন ধাতব সিলভার অধঃক্ষেপ হিসেবে বিক্রিয়াপাত্রের তলদেশে জমা হয়। এই বিক্রিয়ায় সিলভার নাইট্রেটের সিলভার আয়ন (Ag^{+}) একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয় এবং ধাতব সিলভার হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড বা অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সাথে বিক্রিয়া করে সিলভার হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন করে। উৎপন্ন সিলভার হাইড্রোক্সাইড বিযোজিত হয়ে সিলভার অক্সাইড হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$AgNO_{3(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow AgOH_{(s)} + HNO_{3(aq)}$$

$$2AgOH_{(s)} \longrightarrow Ag_2O_{(s)} + H_2O_{(l)}$$

সিলভার অক্সাইডে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ ফোঁটায় ফোঁটায় যোগ করলে সকল অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার হাইড্রোক্সাইডের দ্রবণ বা টলেন বিকারক উৎপন্ন করে।

$$Ag_2O_{(s)} + 4NH_3 + H_2O_{(l)} \longrightarrow 2[Ag(NH_3)_2]^{+}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)}$$

টলেন বিকারকের সিলভার আয়ন (Ag^{+}) অ্যালডিহাইডের সাথে বিক্রিয়া করে বিজারিত হয় এবং ধাতব সিলভার হিসেবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। একইসাথে অ্যালডিহাইড জারিত হয়ে জৈব এসিডে পরিণত হয়।

$$CH_3CHO + 2Ag^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \longrightarrow CH_3COOH + 2Ag_{(s)} + H_2O_{(l)}$$

কয়েকটি বিশেষ বিক্রিয়া: কিছু রাসায়নিক বিক্রিয়া আছে যা বর্ণিত শ্রেণিবিভাগের অন্তর্গত নয়।

১. আর্দ্রবিশ্লেষণ বা পানি বিশ্লেষণ (Hydrolysis) বিক্রিয়া: পানির অণুতে ধনাত্মক হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) ও ঋণাত্মক হাইড্রোক্সিল আয়ন (OH^-) থাকে। কোনো যৌগের দুই অংশ পানির বিপরীত আধানবিশিষ্ট দুই অংশের সাথে যুক্ত হয়ে নতুন যৌগ উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াকে আর্দ্রবিশেষণ বিক্রিয়া বলে। আর্দ্রবিশেষণ বিক্রিয়া, দ্বিপ্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার অনুরূপ (অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়ায় আলোচিত)। তবে এই বিক্রিয়ায় পানি অংশগ্রহণ করায় একে পানি বিশেষণ বিক্রিয়া বলে এবং বিক্রিয়ায় কোনো ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে না। অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড পানির সাথে বিক্রিয়া করে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোক্লোরিক এসিড উৎপন্ন করে। এখানে অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের অ্যালুমিনিয়াম আয়ন (Al^{3+}) পানির হাইড্রোক্সিল আয়নের (OH^-) সাথে এবং ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) পানির হাইড্রোজেন আয়নের (H^+) সাথে যুক্ত হয়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড পানিতে অদ্রবণীয়, তাই উৎপাদটি অধঃক্ষেপ হিসেবে বিক্রিয়াপাত্রের তলদেশে জমা হয়।

$$AlCl_{3(s)} + 3H_2O_{(l)} \longrightarrow Al(OH)_{3(s)} + 3HCl_{(aq)}$$

একইভাবে সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড পানির উপস্থিতিতে আর্দ্রবিশেষিত হয়ে সিলিকন হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোক্লোরিক এসিড উৎপন্ন করে।

$$SiCl_4 + 4H_2O \longrightarrow Si(OH)_4 + 4HCl$$

২. পানিযোজন (Hydration) বিক্রিয়া: আয়নিক যৌগ কেলাস (crystal lattice) গঠনের সময় এক বা একাধিকসংখ্যক পানির অণুর সাথে যুক্ত হয়। এই বিক্রিয়াকে পানিযোজন (hydration) বিক্রিয়া বলে। আয়নিক যৌগের সাথে যুক্ত পানিকে কেলাস পানি বা হাইড্রেটেড (hydrated) পানি বলে। বিক্রিয়ায় পানির অণু যুক্ত হওয়ার জন্য বিশেষ নামকরণ করা হয়েছে। এই বিক্রিয়া সংযোজন বিক্রিয়ার অনুরূপ, তবে সংযোজন বিক্রিয়ার ন্যায় এই বিক্রিয়ায় ইলেকট্রন স্থানান্তর ঘটে না।

$$CaCl_2 + 6H_2O \longrightarrow CaCl_2.6H_2O$$

$$MgCl_2 + 7H_2O \longrightarrow MgCl_2.7H_2O$$

$$CuSO_4 + 5H_2O \longrightarrow CuSO_4.5H_2O$$

৩. সমানুকরণ (Isomerisation) বিক্রিয়া: একই আণবিক সংকেতবিশিষ্ট দুটি যৌগের ধর্ম ভিন্ন হলে তাদেরকে পরস্পরের সমানু (Isomer) বলে। যেমন, C_2H_6O আণবিক সংকেতবিশিষ্ট দুটি যৌগ–

CH_3-CH_2-OH	CH_3-O-CH_3
নাম : ইথানল	নাম : ডাই মিথাইল ইথার
ভৌত অবস্থা : তরল	ভৌত অবস্থা : গ্যাসীয়
স্ফুটনাংক : 78 °C	স্ফুটনাংক : -24 °C
দ্রাব্যতা : পানিতে দ্রবণীয়	দ্রাব্যতা : পানিতে স্বল্প দ্রবণীয়

ইথানল ও ডাইমিথাইল ইথারের আণবিক সংকেত অভিন্ন কিন্তু তাদের ধর্ম ভিন্ন। ইথানল ও ডাইমিথাইল ইথার পরস্পরের সমানু। কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যৌগের পরমাণুসমূহের পুনর্বিন্যাসের মাধ্যমে একটি সমানু থেকে অপর সমানু উৎপন্ন হলে তাকে সমানুকরণ বিক্রিয়া বলে। এই বিক্রিয়ায় একই অণুর মধ্যে পরমাণুসমূহ পুনর্বিন্যস্ত হয়, তাই এখানে ইলেকট্রনের স্থানান্তর সম্ভব নয়।

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH \longrightarrow CH_3\text{-}O\text{-}CH_3$$

অ্যামোনিয়াম সায়ানেট (NH_4CNO) ও ইউরিয়া ($NH_2\text{-}CO\text{-}NH_2$) পরস্পরের সমানু। অ্যামোনিয়াম সায়ানেটকে উত্তপ্ত করলে তার সমানু ইউরিয়া উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়া সমানুকরণ বিক্রিয়ার উদাহরণ।

$$NH_4CNO \xrightarrow{\Delta} NH_2\text{-}CO\text{-}NH_2$$

৪. পলিমারকরণ (Polymerisation) বিক্রিয়া: উচ্চ তাপ ও চাপের প্রভাবে একই যৌগের অসংখ্য অণু পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে বৃহৎ আণবিক ভরবিশিষ্ট নতুন যৌগের অণু গঠন করে। যে সকল ক্ষুদ্র অণু যুক্ত হয় তাদের প্রত্যেককে মনোমার এবং যে বৃহৎ নতুন অনু উৎপন্ন হয় তাকে পলিমার বলে। যে বিক্রিয়ায় অসংখ্য মনোমার থেকে পলিমার উৎপন্ন হয় তাকে পলিমারকরণ বিক্রিয়া বলে। উচ্চ তাপ ও চাপের প্রভাবে ভিনাইল ক্লোরাইড (CH_2=CHCl) অসংখ্য অণু পরস্পরের সাথে যুক্ত হয়ে বৃহৎ আণবিক ভরবিশিষ্ট নতুন যৌগ পলিভিনাইল ক্লোরাইড (PVC) গঠন করে।

$$n\,H_2C{=}CHCl_{(g)} \xrightarrow{\text{উচ্চ তাপ ও চাপ}} \left[CH_2\text{-}CHCl \right]_{n(s)}$$

পলিমারকরণ বিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে না।

৭.৩ বাস্তব ক্ষেত্রে সংঘটিত কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়া

দৈনন্দিন কাজে আমরা যে সকল দ্রব্য ব্যবহার করি প্রকৃতির বিভিন্ন উপাদান তাদের সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন করে।

চিন্তা কর :
১. বর্ষাকালে পাকা বাড়ির ছাদ পিচ্ছিল হলে বালু দেওয়া হয় কেন?
২. নানী–দাদীরা সেলাই–সুইকে নারকেল তেল–এর মধ্যে রাখতেন কেন?
৩. কচু খাওয়ার পর গলা চুলকালে তেঁতুল খায় কেন?

১. আয়রনের (লোহা) তৈরি দ্রব্যকে বায়ুতে মুক্ত অবস্থায় রেখে দিলে অক্সিজেন ও জলীয়বাষ্পের সাথে আয়রন বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। আয়রন বায়ুর জলীয়বাষ্পের সাথে বিক্রিয়া করে আয়রনের অক্সাইড (মরিচা) উৎপন্ন করে। ফলে ধাতব আয়রন ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। খনিতে প্রাপ্ত এই সসীম সম্পদের ক্ষয় রোধ করা প্রয়োজন। লোহার অক্সাইড ধাতব আয়রন থেকে পৃথক হয়ে পুনরায় ধাতুর পৃষ্ঠ বায়ুর সংস্পর্শে নিয়ে আসে এবং বিক্রিয়া করে আয়রন অক্সাইড (মরিচা) উৎপন্ন করে। মরিচার রাসায়নিক সংকেত $Fe_2O_3.nH_2O$। মরিচার প্রতি অণুতে যুক্ত পানির অণুর সংখ্যা অজ্ঞাত। তাই যুক্ত পানির অণুর সংখ্যাকে n দ্বারা প্রকাশ করা হয়। মরিচার সংকেতকে FeO(OH) হিসেবেও প্রকাশ করা হয়।

$$4\,Fe_{(s)} + 6\,H_2O_{(l)} + 3\,O_{2(g)} \longrightarrow 4\,Fe(OH)_{3(s)}$$

$$2\,Fe(OH)_{3(s)} \xrightarrow{-H_2O} Fe_2O_3.nH_2O_{(s)}$$

২. আয়রনের ন্যায় অ্যালুমিনিয়াম ধাতু বায়ুর অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করে যা ধাতব খণ্ড থেকে অপসারিত হয় না। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড নিচের স্তরের ধাতব অ্যালুমিনিয়ামকে বায়ুর সংস্পর্শে আসা থেকে রোধ করে।

৩. মৌমাছি পোকার কামড়ের ক্ষতস্থানে পোকার শরীর থেকে যে বিষ প্রবেশ করে তাতে অম্লীয় উপাদান থাকে। মানুষ পোকার কামড়ের জ্বালাযন্ত্রনা নিবারণ করার জন্য ক্ষতস্থানে চুন বা মধু ব্যবহার করে। চুন ও মধু ক্ষারধর্মী পদার্থ, এটা অম্লীয় উপাদানের সাথে প্রশমন বিক্রিয়া করে।

৪. আমাদের শরীরে খাদ্য থেকে শক্তি উৎপন্ন হয় রাসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে। শর্করাজাতীয় খাদ্য; স্টার্চ (ভাত, রুটি), চিনি, গ্লুকোজ ইত্যাদি বায়ু থেকে গ্রহণ করা অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়া করে কার্বন–ডাই–অক্সাইড, পানি ও শক্তি উৎপন্ন করে। মানুষের শরীরের সংঘটিত এই প্রক্রিয়াকে শ্বসন (Respiration) বলে। অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয়ার পূর্বে স্টার্চ ও চিনি বিশ্লেষিত হয়ে গ্লুকোজ ও ফ্রুক্টোজে পরিণত হয়।

শর্করা জাতীয় খাদ্য + অক্সিজেন ⟶ কার্বন-ডাই-অক্সাইড + পানি + শক্তি

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_{6(s)}} + 6O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(g)} + \text{শক্তি}$$

৫. মানবদেহের বিপাক ক্রিয়ায় যে সকল ব্যক্তির পাকস্থলিতে অতিরিক্ত হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) গ্যাস উৎপন্ন হয় তারা ডাক্তারের সাজেশন অনুসারে এন্টাসিড–জাতীয় ঔষধ সেবন করেন। এন্টাসিড–জাতীয় ঔষধে ধাতব হাইড্রক্সাইড থাকে যা ক্ষারধর্মী এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) গ্যাস এসিডধর্মী। ক্ষারধর্মী এন্টাসিড এসিডধর্মী হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) গ্যাসকে প্রশমন বিক্রিয়ার মাধ্যমে প্রশমিত করে।

$$3HCl + Al(OH)_3 \longrightarrow AlCl_3 + 3H_2O$$

$$2HCl + Mg(OH)_2 \longrightarrow MgCl_2 + 2H_2O$$

৬. জ্বালানির দহনে কার্বন–ডাই–অক্সাইড, পানি ও তাপশক্তি উৎপন্ন হয়। তবে অক্সিজেনের সরবরাহ কম হলে জ্বালানির আংশিক দহনে কার্বন–ডাই–অক্সাইড এর পরিবর্তে কার্বন মনোঅক্সাইড/কার্বন এবং কম তাপ উৎপন্ন হয়।

$$\underset{\text{জ্বালানি}}{CH_{4(g)}} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)} + \text{শক্তি}$$

$$\underset{\text{জ্বালানি}}{CH_{4(g)}} + 1.5O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + 2H_2O_{(g)} + \text{শক্তি}$$

$$\underset{\text{জ্বালানি}}{CH_{4(g)}} + O_{2(g)} \longrightarrow C_{(s)} + 2H_2O_{(g)} + \text{শক্তি}$$

৭. বর্ষাকালে অনেকসময় পুকুর বা খালের নিকটবর্তী কলাগাছ পানির সংস্পর্শে আসলে মারা যায়। এসিডবৃষ্টির কারণে বর্ষাকালে পানি অম্লীয় হয়। কলাগাছে ক্ষারীয় উপাদান থাকে। পানির এসিড কলাগাছের ক্ষারকে প্রশমিত করে। ফলে গাছ মারা যায়।

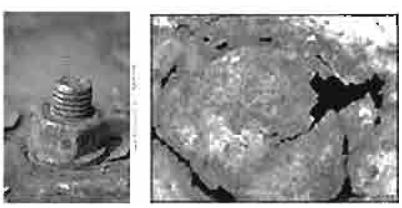
৭.৪ ক্ষতিকর বিক্রিয়া রোধ করার উপায়

প্রয়োজনীয় উৎপাদ ও শক্তি উৎপাদনের জন্য রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়। বিক্রিয়ায় কোনো কোনো উৎপাদের কারণে স্বাস্থ্য, পরিবেশ ও আর্থিক ক্ষতি সাধিত হয়। এই ক্ষতি রোধ করার জন্য প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা নেওয়া প্রয়োজন। পৃথক পৃথক বিক্রিয়ার জন্য প্রতিকারমূলক ব্যবস্থা বিভিন্ন হয়।

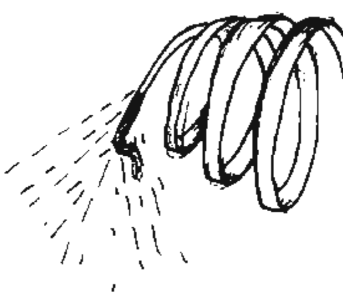
যেমন, বায়ু ও পানির সংস্পর্শে আয়রন বিক্রিয়া করে আয়রন অক্সাইড (মরিচা) উৎপন্ন করে। এতে ধাতব আয়রন ক্ষয়প্রাপ্ত হয় যা আর্থিক ক্ষতি সাধন করে। আয়রন একটি সীমিত সম্পদ। এই সম্পদের ক্ষতি রোধ করার প্রধান উপায় ধাতব পরমাণুকে বায়ু ও পানির সংস্পর্শ থেকে দূরে রাখা। এজন্য ধাতব আয়রনের উপর রং–এর প্রলেপ অথবা আয়রনের উপর অন্য ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হয়। একটি ধাতুর উপর জিংক ধাতুর প্রলেপ দেওয়াকে গ্যালভানাইজিং (galvanaiging), টিনের প্রলেপ দেওয়াকে টিন প্লেটিং (tin-plating) এবং তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অন্য ধাতুর প্রলেপ দেওয়াকে তড়িৎ প্রলেপন (electroplating) বলে। লোহার তৈরি দ্রব্যের উপর প্লাস্টিকের আবরণ দিয়ে লোহার ক্ষয় রোধ করা হয়। সংকর ধাতু তৈরির মাধ্যমে ধাতু ব্যবহার করেও ধাতুর ক্ষয় রোধ করা যায়।

১. পিচ্ছিলকারক পদার্থ ক্ষারধর্মী এবং বালু (SiO_2) অম্লধর্মী –এদের মধ্যে প্রশমন বিক্রিয়া ঘটে।
২. সেলাই–সুইয়ের বায়ু এবং জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে মরিচা ধরে।
৩. কচুতে ক্ষার ধর্মীয় পদার্থ থাকে এবং তেতুলে জৈব এসিড থাকে যা ক্ষারধর্মী পদার্থকে প্রশমিত করে।

৭.৫ বিক্রিয়ার গতিবেগ বা বিক্রিয়ার হার (Rate of Reaction)



লোহার মরিচা
(ধীর গতিসম্পন্ন বিক্রিয়া)



ম্যাগনেসিয়ামের প্রজ্বলন
(মধ্যম গতিসম্পন্ন বিক্রিয়া)

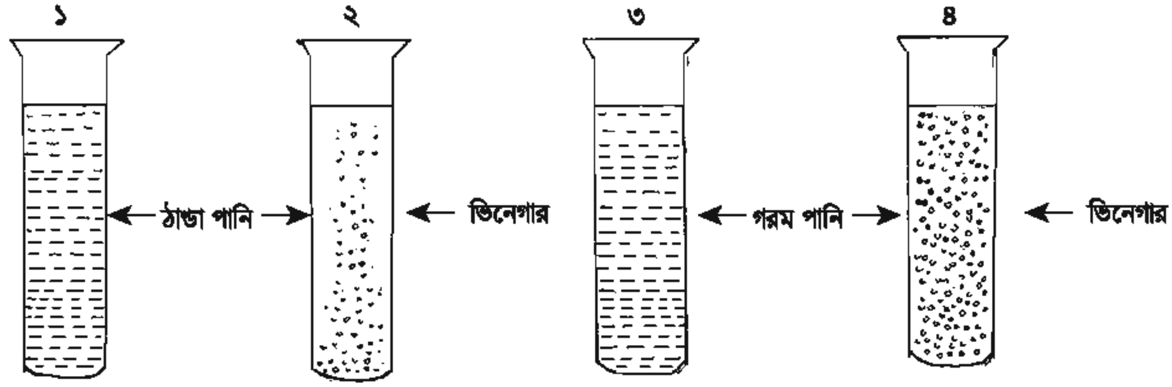


বিস্ফোরণ
(দ্রুত গতি সম্পন্ন বিক্রিয়া)

চিত্র ৭.২ : বিভিন্ন গতিসম্পন্ন বিক্রিয়া

বিক্রিয়ার হার পরীক্ষা:

চারটি টেস্টটিউব বা স্বচ্ছ কাচের গ্লাস নাও এবং তাদেরকে 1, 2, 3 ও 4 নম্বর দিয়ে চিহ্নিত কর। প্রতিটি টেস্টটিউবে সমপরিমাণ আনুমানিক 0.5/1 মি.গ্রা. সোডিয়াম কার্বোনেট (Na_2CO_3) অথবা কাপড়কাচা সোডা নাও। অতঃপর 1 ও 2 নম্বর টেস্টটিউবে স্বাভাবিক পানি এবং 3 ও 4 নম্বর টেস্টটিউবে গরম পানি যোগ করে 2 ও 4 নম্বর টেস্টটিউবে 1 মি.লি. লেবুর রস (Citric acid) অথবা ভিনেগার (5-6% Acetic acid) মিশ্রিত করে নিম্নলিখিত পরিবর্তনসমূহ পর্যবেক্ষণ কর।



চিত্র ৭.৩ : সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের সাথে ভিনেগার বা অ্যাসেটিক এসিডের বিক্রিয়া।

১. কোন কোন টেস্টটিউবে বুদবুদ করে গ্যাস নির্গত হয় ?

২. কোন টেস্টটিউবে অধিক পরিমাণে বুদবুদ করে গ্যাস নির্গত হয় ?

৩. কোন টেস্টটিউবে সবচেয়ে কম পরিমাণে বুদবুদ করে গ্যাস নির্গত হয় ?

৪. 2 ও 4 নম্বর টেস্টটিউবের কোনটিতে বেশি পরিমাণে গ্যাস নির্গত হয় ?

চিন্তা কর: 2 ও 4 নম্বর টেস্টটিউবের একটিতে বেশি পরিমাণে গ্যাস নির্গত হয় কেন ?

উপরের পরীক্ষা থেকে সুস্পষ্ট যে একটি নির্দিষ্ট সময়ে (1 মিনিটে/5 মিনিটে/10 মিনিটে) সকল টেস্টটিউবে সমপরিমাণ গ্যাস নির্গত হয় না। অর্থাৎ একটি নির্দিষ্ট সময়ে সকল টেস্টটিউবে সমপরিমাণ উৎপাদ উৎপন্ন হয় না অথবা সমপরিমাণ বিক্রিয়ক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না।

$$Na_2CO_{3(s)} + \underset{\text{সিরকা/ভিনেগার}}{CH_3COOH} \longrightarrow CH_3COONa + CO_2 + H_2O$$

প্রতি একক সময়ে (প্রতি সেকেন্ডে/ প্রতি মিনিটে/প্রতি ঘণ্টায়) কোনো একটি বিক্রিয়াপাত্রে যে পরিমাণে উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায় অথবা বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা যে পরিমাণে হ্রাস পায় তাকে বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ বলে। বিক্রিয়ক এবং উৎপাদের ঘনমাত্রাকে মোল–লিটার $^{-1}$ এককে প্রকাশ করা হয় (ষষ্ঠ অধ্যায়)। অতএব বিক্রিয়ার হারের একক হবে মোল–লিটার $^{-1}$সময় $^{-1}$।

বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ বিক্রিয়ার তাপমাত্রা, বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা, বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল ও বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত প্রভাবকের উপর নির্ভরশীল। বিক্রিয়ার তাপমাত্রা, বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা ও বিক্রিয়কের পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধির সাথে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়। প্রভাবক ব্যবহারে বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি এবং হ্রাস উভয়ই হতে পারে। বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত প্রভাবকের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে হার বা গতিবেগ বৃদ্ধি অথবা হ্রাস পায়। এমনকি প্রভাবকের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে উৎপাদ ও ভিন্ন হয়।

লা শাতেলিয়ারের নীতি: উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সম্মুখমুখী বিক্রিয়া তাপউৎপাদী হলে বিপরীত বিক্রিয়া তাপহারী হয়। উভমুখী বিক্রিয়ার প্রাথমিক অবস্থায় বিক্রিয়কসমূহ উৎপাদে পরিণত হয়। কিছু সময় পর যখন উৎপাদের পরিমাণ বা ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায় তখন, উৎপাদসমূহ বিক্রিয়কে পরিণত হওয়া শুরু করে। প্রাথমিক অবস্থায় বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বেশি থাকে তাই, সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ বেশি হয়। সময়ের সাথে বিক্রিয়কের পরিমাণ হ্রাস পায়, ফলে সম্মুখমুখী বিক্রিয়ার হার হ্রাস পেতে থাকে এবং উৎপাদের পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে বিপরীত বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায়।

পরিবর্তনের এক সময়ে উভয় বিক্রিয়ার হার সমান হয়। এই অবস্থায় বিক্রিয়ক এবং উৎপাদের পরিমাণ বা ঘনমাত্রার কোনো পরিবর্তন হয় না। বিক্রিয়ার এই অবস্থাকে উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যবস্থা বলে। বিক্রিয়ার সাম্য বস্থায় সম্মুখমুখী ও বিপরীতমুখী উভয় বিক্রিয়া চলমান থাকে রাসায়নিক বিক্রিয়ার এই অবস্থায় উৎপাদের পরিমাণ বিক্রিয়ার নিয়ামক (তাপমাত্রা, চাপ ও বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা) দ্বারা প্রভাবিত হয়। উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় উৎপাদের পরিমাণ লা–শাতেলিয়ারের নীতি দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।

উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় বিক্রিয়ার যে কোনো একটি নিয়ামক (তাপমাত্রা/চাপ/বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা) পরিবর্তন (হ্রাস/বৃদ্ধি) করলে বিক্রিয়ার সাম্যবস্থা এমনভাবে পরিবর্তন হয় যেন নিয়ামক পরিবর্তনের ফলাফল প্রশমিত হয়।

লা শাতেলিয়ারের নীতির ব্যাখ্যা:

তাপের প্রভাব: যে সকল উভমুখী বিক্রিয়ায় তাপের পরিবর্তন হয় সে সকল বিক্রিয়ার সাম্যবস্থার উপর তাপের প্রভাব থাকে। যেমন,

$$A + B \rightleftharpoons C + D, \quad \Delta H = -X \text{ কিলোজুল}$$

উভমুখী বিক্রিয়াটির সম্মুখমুখী অংশটি তাপউৎপাদী এবং বিপরীত বিক্রিয়াটি তাপহারী। এই বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার সাম্যবস্থা বাম দিকে অগ্রসর হয়ে বিক্রিয়কের পরিমাণ বৃদ্ধি করবে। অর্থাৎ তাপহারী বিক্রিয়া বৃদ্ধির মাধ্যমে তাপ বৃদ্ধিজনিত ফলাফল প্রশমিত করবে। একইভাবে বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় তাপমাত্রা হ্রাস করলে সাম্যবস্থা ডান দিকে অগ্রসর হবে। অর্থাৎ তাপউৎপাদী বিক্রিয়া বৃদ্ধি পাবে। যে সকল বিক্রিয়ায় তাপের পরিবর্তন হয় না সে সকল বিক্রিয়ার সাম্যবস্থার উপর তাপমাত্রার প্রভাব নেই।

চাপের প্রভাব: গ্যাসীয় বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় চাপ পরিবর্তন করলে বিক্রিয়ার সাম্যবস্থার পরিবর্তন হয়। যে সকল বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় অণুর সংখ্যা পরিবর্তন (হ্রাস/বৃদ্ধি) হয় সে সকল বিক্রিয়ার সাম্যবস্থার উপর চাপের প্রভাব রয়েছে। যেমন,

$$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)}$$

বিক্রিয়াটি সম্মুখমুখী হলে অণুর সংখ্যা হ্রাস পায়। ফলে একই আয়তনে চাপ হ্রাস পায়। বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় চাপ বৃদ্ধি করলে সাম্যবস্থা ডান দিকে অগ্রসর হয়। অর্থাৎ সম্মুখমুখী বিক্রিয়া বৃদ্ধির মাধ্যমে চাপ হ্রাস করবে এবং চাপ বৃদ্ধিজনিত ফলাফল প্রশমিত করবে। বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় চাপ হ্রাস করলে সাম্যবস্থা বাম দিকে অগ্রসর হয়ে বিক্রিয়কের পরিমাণ বৃদ্ধি করবে। যে সকল বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় অণুর সংখ্যার পরিবর্তন হয় না সে সকল বিক্রিয়ার সাম্যবস্থার উপর চাপের প্রভাব নেই।

ঘনমাত্রার প্রভাব: সকল বিক্রিয়ার সাম্যবস্থার উপর বিক্রিয়কের ঘনমাত্রার প্রভাব রয়েছে। বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় যে কোনো একটি বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার সাম্যবস্থা ডান দিকে অগ্রসর হয়ে বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হ্রাস করে পরিবর্তনের ফলাফলকে প্রশমিত করে এবং উৎপাদের পরিমাণ বৃদ্ধি করে। একইভাবে বিক্রিয়ার সাম্যবস্থায় যে কোনো একটি উৎপাদের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি করলে সাম্যবস্থা বাম দিকে অগ্রসর হয়ে উৎপাদের পরিমাণ হ্রাস করে।

৭.৬ প্রশমন বিক্রিয়া পরীক্ষার মাধ্যমে প্রদর্শন

প্রয়োজনীয় উপকরণ : 0.1 মোলার HCl দ্রবণ, 0.1 মোলার Na_2CO_3 দ্রবণ, 0.2 মোলার Na_2CO_3 দ্রবণ, লিটমাস পেপার, pH পেপার, বিকার, মাপন সিলিন্ডার ও ড্রপার বা ব্যুরেট।

দুটি ছোট বিকারে 5 মি.লি. করে 0.1 মোলার HCl দ্রবণ নাও। উভয় দ্রবণে এক টুকরা করে লাল লিটমাস পেপার যোগ কর। এসিড দ্রবণে লাল লিটমাস পেপার লাল থাকে। pH পেপার ব্যবহার করে দ্রবণের pH পরিমাপ কর এবং খাতায় লিপিবদ্ধ কর।

একটি মাপন সিলিন্ডারে 5 মি.লি. 0.1 মোলার Na_2CO_3 দ্রবণ এবং অন্য একটি মাপন সিলিন্ডারে 5 মি.লি. 0.2 মোলার Na_2CO_3 দ্রবণ নাও। ড্রপার বা ব্যুরেট ব্যবহার করে ফোঁটায় ফোঁটায় 0.1 মোলার Na_2CO_3 দ্রবণকে একটি বিকারে এবং অপর একটি ড্রপার বা ব্যুরেট ব্যবহার করে ফোঁটায় ফোঁটায় 0.2 মোলার Na_2CO_3 দ্রবণ অপর বিকারে যোগ কর। দ্রবণ যোগ করার সাথে সাথে বিকারটিকে ঝাঁকাও এবং লিটমাস পেপারের বর্ণের পরিবর্তন পর্যবেক্ষণ কর। ক্ষারীয় দ্রবণে লাল লিটমাস পেপারের বর্ণ নীল হয়। কিছুক্ষণ পর পর pH পেপার ব্যবহার করে দ্রবণের pH পরিমাপ কর। লিটমাস পেপারের বর্ণ নীল হওয়ার সাথে সাথে দ্রবণের pH পরিমাপ কর।

$$2HCl + Na_2CO_3 \longrightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$$

প্রথমে বিকারে HCl দ্রবণ থাকে। এই দ্রবণের pH 7 –এর তুলনায় কম হয় এবং দ্রবণে লিটমাস পেপারের বর্ণ লাল থাকে। দ্রবণে ফোঁটায় ফোঁটায় Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করলে HCl –এর সাথে বিক্রিয়া করে NaCl, CO_2 ও H_2O উৎপন্ন হয়। বিকারের দ্রবণে HCl –এর পরিমাণ কমতে থাকে এবং pH –এর মান বৃদ্ধি পেয়ে 7 –এর নিকটবর্তী হয়। যখন দ্রবণের সম্পূর্ণ HCl বিক্রিয়ার মাধ্যমে প্রশমিত হয় তখন pH –এর মান 7 হয় এবং বিকারের লিটমাস পেপারের বর্ণ লাল থেকে নীল বর্ণে পরিণত হয়।

পর্যবেক্ষণ : ফোঁটায় ফোঁটায় Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করলে pH –এর মান কীভাবে পরিবর্তিত হয় ?

প্রতি ক্ষেত্রে HCl দ্রবণ প্রশমিত করতে কত আয়তন Na_2CO_3 দ্রবণ প্রয়োজন ?

> **বাড়ির কাজঃ** Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করার পূর্বে প্রতি বিকারে কত গ্রাম HCl দ্রবীভূত ছিল ?
> প্রতি বিকারের HCl কে প্রশমিত করতে কত গ্রাম Na_2CO_3 যোগ করা হয়েছে ?

> **চিন্তা করঃ** বিকারে প্রথমে নির্দিষ্ট পরিমাণ Na_2CO_3 দ্রবণ নিয়ে ফোঁটায় ফোঁটায় HCl দ্রবণ যোগ করলে pH এর মান কীভাবে পরিবর্তিত হয় ?

৭.৭ অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া পরীক্ষার মাধ্যমে প্রদর্শন

প্রয়োজনীয় উপকরণ : সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ, ফেরাস সালফেট, বিশুদ্ধ পানি, টেস্টটিউব।

একটি পরিষ্কার টেস্টটিউব নাও। টেস্টটিউবে 1 মি.লি. ফেরাস সালফেট দ্রবণ নিয়ে তাতে ফোঁটায় ফোঁটায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ কর এবং পরিবর্তন পর্যবেক্ষণ কর।

$$FeSO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \longrightarrow Fe(OH)_{2(s)} + Na_2SO_{4(aq)}$$

ফেরাস সালফেট দ্রবণের সাথে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ বিক্রিয়া করে পানিতে অদ্রবণীয় ফেরাস হাইড্রক্সাইড ও দ্রবণীয় সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। অদ্রবণীয় হালকা সবুজ বর্ণের ফেরাস হাইড্রক্সাইড টেস্টটিউবের তলদেশে অধঃক্ষেপ হিসেবে জমা হয়।



চিত্র ৭.৪ : অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া

অনুশীলনী

বহুনির্বাচনি প্রশ্ন:

১. ভিনেগারে নিচের কোন এসিডটি উপস্থিত থাকে?

ক. সাইট্রিক এসিড খ. এসিটিক এসিড

গ. টারটারিক এসিড ঘ. এসকরবিক এসিড

২. মৌমাছি কামড় দিলে ক্ষতস্থানে কোনটি ব্যবহার করা যেতে পারে?

ক. কলিচুন খ. ভিনেগার

গ. খাবার লবণ ঘ. পানি

৩. এন্টাসিড জাতীয় ঔষধ সেবনে কোন ধরনের বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়?

ক. প্রশমন খ. দহন

গ. সংযোজন ঘ. প্রতিস্থাপন

৪. $H_2SO_4 + MgO \longrightarrow$

বিক্রিয়ায়–

i. তাপ উৎপন্ন হয়

ii. ইলেকট্রন স্থানান্তর ঘটে

iii. অধঃক্ষেপ পড়ে

নিচের কোনটি সঠিক?

ক. i খ. ii ও iii

গ. i ও iii ঘ. i, ii ও iii

সৃজনশীল প্রশ্ন:

১. অপু ও সেতু উভয়ের বাসায় রান্নার কাজে প্রাকৃতিক গ্যাস ব্যবহার করা হয়। অপুর বাসার পাত্রের নিচে কালো দাগ পড়লেও সেতুর বাসার পাত্রের নিচে কোনো দাগ নেই।

ক. একমুখী বিক্রিয়া কাকে বলে?

খ. রাসায়নিক সাম্যবস্থা বলতে কী বোঝায়?

গ. রান্নার সময় তাদের বাসায় সম্পন্ন বিক্রিয়াটি কোন ধরনের? ব্যাখ্যা কর।

ঘ. উদ্দীপকের কোন বাসায় রান্নার কাজে গ্যাসের অপচয় হয় বলে তুমি মনে কর? তোমার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দাও।

২. $Pb(NO_3)_2 + 2KI \longrightarrow$

উপরের বিক্রিয়ার আলোকে নিচের ছকটি পূরণ করা হলো [K = 39, I = 127]:

উপাদান	১ম পাত্র	২য় পাত্র	৩য় পাত্র	৪র্থ পাত্র	ব্যবহৃত মোট আয়তন (mL)	অধঃক্ষেপ
0.2 M $Pb(NO_3)_2$ এর আয়তন (mL)	1	2	3	4	10	হলুদ
পানির আয়তন (mL)	4	3	2	1	10	
0.5 M KI এর আয়তন (mL)	1	1	1	1	4	
প্রতিটি পাত্রের দ্রবণের মোট আয়তন (mL)	6	6	6	6	-	

ক. তাপোৎপাদী বিক্রিয়া কাকে বলে?

খ. যোজনী ও জারণ সংখ্যা এক নয় কেন? ব্যাখ্যা কর।

গ. সারণিতে ব্যবহৃত মোট KI এর পরিমাণ কত গ্রাম? নির্ণয় করে দেখাও।

ঘ. কোন পাত্রের দ্রবণটি অধিক হলুদ হবে বলে তুমি মনে কর? যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর।